

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В МИКРОЭЛЕКТРОНИКЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ДИСПЛЕЕВ

Муравьев А. В.

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»
Киев, Украина*

Нанотехнологии являются междисциплинарной областью фундаментальной и прикладной науки и техники, которая имеет дело с совокупностью теоретического обоснования практических методов исследования, анализа и синтеза, а также методов производства и применения продуктов с заданной атомарной структурой путем контролируемого манипулирования отдельными атомами и молекулами. Практический аспект нанотехнологии содержит производство устройств или их компонентов, необходимых для создания, обработки и манипуляции атомами, молекулами и наночастицами, а также применение таких устройств на практике. Использование в нанотехнологиях передовых научных достижений позволяет отнести их к «высоким технологиям». Сегодня нанотехнологии получили внедрение в такие области производства электроники как: микропроцессорная техника, носители информации и во многие другие сферы. Меньшие размеры микросхем и небольшая потребляемая мощность обуславливают более быструю обработку информации, а также большую вычислительную мощность.

В последние десятилетия значительные достижения в области физического материаловедения и физики твердого тела были связаны с созданием и использованием наносистем. По прогнозам, ряд многообещающих отраслей для применения наноматериалов включает в себя аэрокосмическую сферу, химическую и пищевую промышленность, транспортировку товаров. Нанотехнологии в первую очередь находят применение в системах записи информации, трансплантологии, при создании защитных покрытий высокой прочности и низкой степени окисления. К сожалению, современный уровень понимания основных физических явлений таких систем остается недостаточным для однозначных ответов и прикладного применения. Наносистемы являются представителями так называемых дисперсных структур, которые рассматриваются в материаловедении как гетерогенные системы, то есть состоят из нескольких фаз [1]. Такие системы приобретают все более широкое применение в ходе экспериментальных исследований в области гетерогенного катализа, синтеза нанопорошков и нанокомпозитов, производстве нанокристаллов, тонких пленок и аэрозолей. В то же время наносистемы являются интересными объектами для фундаментальной науки, так как

представляют собой пространственно ограниченные среды.

На сегодняшний день актуальной становится задача систематизации основных характеристик наноструктурных материалов и используемых нанотехнологий с целью рассмотрения перспектив их дальнейшего развития и применения в различных сферах промышленности, в том числе и при производстве дисплеев, приборов и устройств. Следовательно, целью работы является анализ, выявление основных проблем, а также наиболее перспективных с прикладной и научной точек зрения тенденций в нанотехнологиях, применяемых в конструкциях современных дисплеев.

Одним из самых известных направлений применения наноматериалов в последние годы является использование серебряных нанопроводов для изготовления электропроводящего слоя сенсорных дисплеев, что позволяет значительно увеличить гибкость и прозрачность таких элементов, тем самым, увеличивая контрастность и сделав возможным создание закругленных дисплеев или даже таких, которые могут сворачиваться в рулон [2]. Такой проводник представляет собой нанопроволоку с практически бездефектной кристаллической решеткой, что обуславливает значительное увеличение прочности и практически полное отсутствие пластической деформации структуры. Эта технология стала основой так называемой «гибкой» электроники и в ближайшее время позволит в промышленных масштабах производить чрезвычайно прочные дисплеи различного назначения с высоким качеством изображения. В качестве альтернативной основы для получения монокристаллических нанопроводов используются частицы алюминия. Технология, у истоков которой стоят ученые из института Макса Планка, в недалекой перспективе позволит минимизировать размеры микроэлектроники за счет применения кремниевых нанопроводов диаметром около 40 нанометров.

Не менее значительным стало открытие в 2004 году явления создания двух электронно-дырочных пар при поглощении фотона в ходе наблюдения за нанокристаллами селенида свинца, что в дальнейшем легло в основу технологии дисплея на квантовых точках [3]. Основными преимуществами таких устройств являются отсутствие подсветки, высокая контрастность,

снижение энергопотребления и расширение спектра отображаемой палитры цветов. Однако данная технология так и не была реализована в полном объеме, ограничившись лишь модернизацией LCD (дисплеев на жидких кристаллах) без применения наночастиц проводниковых материалов.

Реальным коммерческим продуктом является технология OLED (дисплеи на органических и электролюминесцентных диодах), которая конструктивно напоминает квантовые дисплеи, состоящие из тонких органических пленок, расположенных между тонкопленочными проводниками [4]. Разработка основана на способности некоторых органических материалов излучать свет под действием электрического тока и получила широкое применение благодаря высокой технологичности производства, а, следовательно, более низкой стоимости по сравнению с технологией LCD.

В связи с прогрессом лазерных и светодиодных технологий [5] в последнее десятилетие получили качественный скачок в развитии HUD (Head-Up display) дисплеи - системы, позволяющие выводить информацию на прозрачные поверхности, которые находятся в фокусе поля зрения человека перед окружающими объектами, в виде дополнительного виртуального изображения. Впервые примененные в сфере военной авиации такие устройства с каждым днем получают все более широкое распространение в повседневной жизни благодаря основному их преимуществу - минимизации отвлекающих факторов. Классификация таких дисплеев происходит по типу используемого источника излучения, в качестве которого могут выступать ЭЛТ (электронно-лучевые трубки - технология, получившая начало в 1940 годах), современные светодиоды и лазеры [6]. Последние используются в устройствах, которые относят к категории проекционных или голографических систем, и позволяют реализовать визуальный вывод информации непосредственно на сетчатку глаза с целью дополнения сведений об окружающей обстановке и улучшения восприятия информации.

Расширение номенклатуры искусственных углеродных наноматериалов и их аллотропных модификаций позволило качественно улучшить «твердотельную» микроэлектронику внедрением элементов, которые имеют высокую электропроводность и малую массу, таких как транзисторы, логические вентили и нанопровода. Применение углеродных нанотрубок в дисплеях с электронной эмиссией выведет их на принципиально новый уровень эволюции.

На данный момент наиболее важным является развитие и внедрение в производство технологий самоорганизующихся систем или

искусственно организованных процессов, происходящих на атомно-молекулярном уровне, которые откроют доступ к синтезу новых наноструктур и получению объектов нанотехнологий в промышленных, а не единичных масштабах. Решающую роль при этом играет, прежде всего, наличие нужного инструментария, в том числе измерительного.

Дальнейшему развитию нанотехнологий способствует динамический анализ сфер и перспектив их применения, а также обеспечение современной метрологической и инструментальной базами. Соблюдение этих условий создаст гарантии существования устойчивого рынка нанотехнологий.

Между тем оказывается, что уже более десятилетия человечество широко использует вполне реальные достижения нанотехнологий, присутствующие в сфере производства полупроводниковых приборов и микроэлектроники. Дальнейшая концентрация научных исследований в направлениях развития перспективных наноматериалов, таких как углеродные нанотрубки и серебряная нанопроволока, вскоре позволит вывести технологию промышленного создания дисплеев на уровень нанoeлектроники и получить новые принципы формирования изображения.

1. Шірінян А. С. Актуальні проблеми наноматеріалів і нанотехнологій / А. С. Шірінян, В. А. Макара // Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології. — 2010. — № 2. — С. 223–269.
2. Афонский А. А. Электронные измерения в нанотехнологиях и в микроэлектронике / А. А. Афонский, В. П. Дьяконов. — М.: ДМК Пресс. — 2011. — С. 58–61.
3. Балабанов В. И. Нанотехнологии. Правда и вымысел / В. И. Балабанов, И. И. Балабанов. — М.: Эксмо. — 2010. — С. 58–64.
4. Capelli R. et al. Organic light-emitting transistors with an efficiency that outperforms the equivalent light-emitting diodes // *Nature Materials*. — 2010. — № 9. — С. 496–503.
5. Морозов М. А. Современная лазерная дальнометрия / М. А. Морозов, А. В. Муравьев // Новые направления развития приборостроения: материалы 9-й международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов, 20–22 апреля. — Минск, Беларусь. — 2016. — 38 с.
6. Tyagur V. M. Passive optical athermalization of an IR three-lens achromat / V. M. Tyagur, O. K. Kucherenko and A. V. Murav'ev // *Journal of Optical Technology*. — vol. 81 (4). — 2014. — pp. 199–203.